

Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación

C.J. Baker, K.E. Saxton, W.R. Ritchie,
W.C.T. Chamen, D.C. Reicosky,
M.F.S. Ribeiro, S.E. Justice y P.R. Hobbs



Editorial ACRIBIA, S.A.



Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación

Dedicatoria

Este libro está dedicado a los investigadores y a los estudiantes que contribuyen con su trabajo y a sus pacientes familias. Esas personas fueron reunidas por el deseo común de hacer que la labranza cero sea una actividad agrícola sostenible y libre de riesgos y para que el proceso de la producción de alimentos en sí mismo sea sostenible por primera vez en la historia. Hubo dificultades importantes que fueron superadas pero los resultados han sido significativos y es de esperar que tengan consecuencias a largo plazo.

Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación

Autores

**C. J. Baker, K. E. Saxton, W. R. Ritchie,
W. C. T. Chamen, D. C. Reicosky, M. F. S. Ribeiro,
S. E. Justice y P. R. Hobbs**

Editado por

C. J. Baker y K. E. Saxton

Publicado por

Food and Agriculture Organization of the United Nations

y

**Editorial Acribia, S.A.
ZARAGOZA (España)**

Título original: No-tillage Seeding in Conservation Agriculture 2ª. ed.
Autores: C. J. Baker, K. E. Saxton, W. R. Ritchie, W. C. T. Chamen, D. C. Reicosky, M. F. S. Ribeiro, S. E. Justice y P. R. Hobbs
Editores: C. J. Baker y K. E. Saxton
Editorial: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen los datos que contiene no implican de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites territoriales. La mención específica de empresas o productos de éstas, estén o no patentados, no implican que éstas estén autorizadas o recomendadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación frente a otras de similar naturaleza no mencionadas. Las opiniones expresadas en el libro son aquellas de los autores y no necesariamente representan las de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Todos los derechos reservados. La reproducción y difusión del material contenido en este libro con propósitos educativos u otros propósitos no comerciales están autorizadas sin necesidad de ninguna autorización previa por escrito por parte de los propietarios de los derechos de autor, siempre que la fuente sea debidamente reconocida. La reproducción de material del contenido de este libro para su reventa u otros propósitos comerciales está prohibida sin autorización previa de los propietarios de los derechos de autor. La solicitud para tal autorización debe ser dirigida a Chief, Electronic Publishing Policy and Support Branch, Communication Division, FAO, Via delle Terme di Caracalla, 00153, Roma, Italia o por correo electrónico a: copyright@fao.org.

© FAO, 2008 (edición en español)

© FAO y CAB International, 2007 (edición en inglés)

Traducción al español del original inglés por
Cadmo Rossell

ISBN: 978-92-5-305389-6 [FAO]

ISBN: 978-84-200-1129-5 [ACRIBIA]

www.editorialacribia.com

IMPRESO EN ESPAÑA

PRINTED IN SPAIN

Reservados todos los derechos para los países de habla española. Este libro no podrá ser reproducido en forma alguna, total o parcialmente, sin el permiso de los editores.

Depósito legal: Z-0000/2009

Editorial ACRIBIA, S.A. - Royo, 23 - 50006 Zaragoza (España)

Imprime: TipoLínea, S. A. – Isla de Mallorca, 13 – 50014 Zaragoza, 2009

Índice de contenido

Autores	xiii
Prólogo a la segunda edición	xv
<i>Shivaji Pandey y Theodor Friedrich</i>	
Prólogo	xvii
1 Los «¿qué?» y los ¿por qué?» de la agricultura con labranza cero	1
<i>C. John Baker y Keith E. Saxton</i>	
¿Qué es la labranza cero?	3
¿Por qué la labranza cero?	6
Ventajas	7
Desventajas	9
Resumen de «¿qué?» y «¿por qué?»	12
2 Los beneficios de la labranza cero	13
<i>Don C. Reicosky y Keith E. Saxton</i>	
Introducción	13
Principios de la agricultura de conservación	14
Beneficios para la producción de cultivos	15
Incremento de la materia orgánica	16
Incremento de la disponibilidad de agua en el suelo	18
Reducción de la erosión del suelo	18
Fortalecimiento de la calidad del suelo	19
Mejor reciclaje de los nutrientes	20
Menores requerimientos de energía	21
Emisiones y secuestro de carbono	23
Resumen de los beneficios de la labranza cero	24
3 La naturaleza del riesgo en la labranza cero	25
<i>C. John Baker, W. (Bill) R. Ritchie y Keith E. Saxton</i>	
¿Cuál es la naturaleza del riesgo en la labranza cero?	25
Riesgos biológicos	26
Riesgos físicos	29
Riesgos químicos	32

	Riesgo económico	35
	Conclusiones	38
	Resumen de la naturaleza del riesgo en la labranza cero	39
4	Abresurcos y forma de las ranuras	41
	<i>C. John Baker</i>	
	Ranuras verticales	42
	Ranuras en forma de V	42
	Ranuras inclinadas en forma de V	47
	Ranuras en forma de U	48
	Abresurcos vibradores	60
	Aberturas horizontales	60
	Aberturas en forma de T invertida	60
	Siembra a golpes	66
	Siembra a voleo en superficie	67
	Resumen de los abresurcos de las sembradoras y la forma de las ranuras	68
5	La función de la cobertura de las ranuras	71
	<i>C. John Baker</i>	
	La función de la humedad del suelo	74
	Métodos de cobertura de las ranuras	77
	Compresión	79
	Rodillos	79
	Presión	80
	Arrastre	81
	Deflectores	83
	Labranza	84
	Doblado	84
	Resumen de las funciones de la cobertura de las ranuras	85
6	Siembra en suelos secos	87
	<i>C. John Baker</i>	
	La pérdida de humedad en el suelo	87
	La función de la fase de vapor del agua del suelo	88
	Germinación	89
	Sobrevivencia superficial	90
	Emergencia de las plántulas	93
	Efectos de la presión	97
	Experiencias de campo	98
	Resumen de siembra en suelos secos	98
7	Siembra en suelos húmedos	101
	<i>C. John Baker</i>	
	Siembra en suelos húmedos	101
	Abresurcos verticales de discos dobles (o triples) – ranuras en forma de V	102

Abresurcos dobles (o triples) inclinados – ranuras inclinadas en forma de V ..	102
Abresurcos de disco vertical plano angulado – ranuras en forma de U	102
Abresurcos de tipo azada – ranuras en forma de U	103
Abresurcos movidos por toma de fuerza – ranuras en forma de U	103
Abresurcos de ala – ranuras en forma de T invertida	103
Suelos secos sembrados que se vuelven húmedos	106
Comportamiento de los abresurcos	111
Resumen de la siembra en suelos húmedos	116
8 Profundidad, colocación y distanciamiento de las semillas	119
<i>C. John Baker y Keith E. Saxton</i>	
Profundidad de siembra y emergencia de las plántulas	120
Uniformidad de la profundidad del abresurcos	121
Seguimiento de la superficie	122
Aparatos para medir la profundidad	122
El valor de las ruedas semineumáticas	124
Soporte flotante	125
Semillas expulsadas por los discos	126
Disturbio del suelo	126
Apretado o clavado de los residuos	126
Rebote de los abresurcos	127
Rebote de las semillas	127
Cierre de las ranuras	127
Funciones de la sembradora y de la sembradora de precisión	128
Mecanismos de penetración vertical	128
Entrega y distanciamiento de las semillas	135
Resumen de profundidad, colocación y distanciamiento de las semillas	139
9 Colocación del fertilizante	141
<i>C. John Baker</i>	
Toxicidad	142
Fertilizante en bandas	144
Bandas verticales comparadas con bandas horizontales	144
Retención de los fertilizantes gaseosos	150
Rendimiento de los cultivos	151
Opciones de la fertilización en bandas	153
¿Cuán cerca debería estar el fertilizante de la semilla?	156
Conclusión	158
Resumen de la colocación del fertilizante	158
10 Manejo de los residuos	161
<i>C. John Baker, Fatima Ribeiro y Keith E. Saxton</i>	
Formas que pueden tener los residuos	161
Vegetación en pie fijada al suelo con raíces cortas	161
Vegetación alta en pie con raíces profundas	163

Paja sobre el suelo.....	163
Manejo de los residuos a escala de campo	165
Labranza cero a gran escala	166
Labranza cero en pequeña escala	169
Manejo de los residuos por medio de abresurcos, sembradoras y sembradoras de precisión: micromanejo de los residuos de los cultivos	174
Manejo de los residuos por los abresurcos	174
Limpiadores de surcos	176
Corte de la paja en trozos cortos	177
Corte de la paja en el campo	178
Paja húmeda comparada con paja seca	186
El problema a favor y en contra de los raspadores	186
Distancia entre los abresurcos	187
Resumen de manejo de residuos	188
11 Comparación del disturbio superficial y de los abresurcos de discos de bajo disturbio	191
<i>C. John Baker</i>	
Disturbio mínimo versus disturbio máximo de las ranuras – ¿Cuánto es demasiado disturbio?	191
Efectos del disturbio	192
Comparaciones entre las características de los abresurcos de discos	196
Resumen de la comparación del disturbio de la superficie y de los abresurcos de discos para bajo disturbio	201
12 Labranza cero para producción de forraje	203
<i>C. John Baker y W. (Bill) R. Ritchie</i>	
Especies forrajeras	203
Sistemas integrados	205
Especies de pasturas para labranza cero	207
Regeneración de pasturas	207
Regeneración de pasturas	211
Dosificación de las semillas	221
Resumen de la producción de forraje en la labranza cero	221
13 Modelos de sembradoras y de sembradoras de precisión para labranza cero – máquinas para trabajos en gran escala	223
<i>C. John Baker</i>	
Ancho de las operaciones	223
Nivelación de la superficie	225
Requisitos de potencia	228
Fuerzas del peso y del abresurcos	228
Restablecimiento de la fuerza de penetración.....	234
Configuraciones de las ruedas y el remolque	236

	Ruedas traseras	236
	Ruedas anteriores y posteriores	236
	Adaptación de los tractores a las sembradoras y a las sembradoras de precisión ..	240
	Almacenamiento y entrega de los productos	241
	Resumen de modelos de sembradoras y sembradoras de precisión para labranza cero – máquinas para trabajos en gran escala	244
14	Modelos de sembradoras y de sembradoras de precisión – máquinas para pequeña escala	247
	<i>Fátima Ribeiro, Scott E. Justice, Peter R. Hobbs y C. John Baker</i>	
	Características	247
	Disponibilidad de equipos	248
	Sembradoras mecánicas manuales (Matraca)	248
	Sembradoras en línea (de tracción animal o montadas en el tractor)	249
	Sembradoras de precisión para tracción animal	257
	Sembradoras de precisión adaptadas para cultivadores a motor	257
	Sembradoras de precisión tiradas por tractor	257
	Agricultura con labranza cero en Asia	258
	Resumen de sembradoras y sembradoras de precisión para labranza cero – máquinas en pequeña escala	272
15	Manejo de un sistema de siembra para labranza cero	273
	<i>W. (Bill) R. Ritchie y C. John Baker</i>	
	Selección y preparación del lugar	273
	Competencia de las malezas	274
	Control de pestes y enfermedades	275
	Manejo de la fertilidad del suelo	275
	Densidad de siembra y calidad de las semillas	276
	Capacidad de los operadores	277
	Manejo post-siembra	277
	Planificación – la herramienta más importante para el manejo	277
	Comparación de costos	278
	Resumen del manejo de un sistema de siembra bajo labranza cero	283
16	La agricultura con tráfico controlado – una práctica complementaria para la labranza cero	285
	<i>W. C. Tim Chamen</i>	
	¿Qué es la agricultura con tráfico controlado?	285
	¿Por qué adoptar un régimen de agricultura con tráfico controlado dentro de un sistema de labranza cero?	285
	Los beneficios de un sistema de tráfico controlado	285
	Efectos de la agricultura de tráfico controlado sobre las condiciones del suelo	286
	Implementación del tráfico controlado	296
	Principios básicos	296

Planificación anticipada y uniformización de la maquinaria	297
Proceso de uniformización del ancho de los equipos	297
Diseño del campo y manejo del sistema	300
Orientación de los caminos permanentes	301
Manejo de los caminos	301
Sistemas de guía	303
Economía	304
Costos y cronología de la planificación y transición a tráfico controlado	304
Costos fijos y variables	305
Cambios en los resultados	306
Costos del manejo en el campo	307
Resumen de los costos y ganancias	307
Resumen de la agricultura con tráfico controlado como una práctica complementaria de la labranza cero	308
17 Reducción de las emisiones ambientales y secuestro de carbono	311
<i>Don C. Reicosky y Keith E. Saxton</i>	
Introducción	311
Emisiones de bióxido carbono inducidas por la labranza	311
Medida de las emisiones	312
Efectos de la labranza y de los residuos	312
Labranza en fajas y efectos de la labranza cero sobre la pérdida de CO ₂	314
Secuestro de carbono por medio de la labranza cero	317
Emisiones de nitrógeno	319
Política de los créditos de carbono	321
Resumen de la reducción de las emisiones ambientales y el secuestro de carbono	323
18 Algunas comparaciones económicas	325
<i>C. John Baker</i>	
Comparaciones en Nueva Zelanda	327
Suposiciones	327
Conclusiones generales	332
Comparaciones europeas	333
Conclusiones	335
Resumen de algunas comparaciones económicas	335
19 Procedimientos para el desarrollo y la transferencia de tecnología	337
<i>C. John Baker</i>	
Respuesta de las plantas a los abresurcos para labranza cero en condiciones controladas	338
El microambiente de las semillas dentro y alrededor de las ranuras en la labranza cero	342
Compactación y disturbio del suelo por los abresurcos para labranza cero	345
Resistencia del suelo	345

Presión instantánea del suelo (estrés)	347
Desplazamiento instantáneo y permanente del suelo	348
Densidad del suelo	348
Alisado y compactación	349
Localización de las semillas en el suelo	349
Espaciamiento de las semillas	349
Profundidad de la siembra de las semillas	349
Posición lateral de las semillas en relación a la línea central de la ranura	350
Recorrido de las semillas dentro de los abresurcos para labranza cero	351
Arrastre en un abresurco de disco	352
Pruebas aceleradas de desgaste de abresurcos para labranza cero	354
Efectos de la colocación del fertilizante en bandas dentro de la ranura	356
Prototipos de sembradoras y estrategias de manejo	356
Pruebas de sembradoras de un surco	357
Prueba de campo simultánea de varios diseños de abresurcos	358
Sembradoras y sembradoras de precisión para parcelas	360
Prototipos de sembradoras a escala de campo y servicio de sembradoras para los agricultores	362
Resumen del desarrollo de sembradoras y transferencia de tecnología	362
Referencias	365
Índice alfabético	381

Autores

- C. J. Baker**, *Centre for International No-Tillage Research and Engineering (CINTRE), Feilding, Nueva Zelandia.*
- W. C. T. Chamen**, *4 Seasons Agriculture and Environment, Maulden, Bedfordshire, Reino Unido.*
- P. R. Hobbs**, *Department of Crops and Soil Science, Cornell University, Ithaca, New York, Estados Unidos de América.*
- S. E. Justice**, *National Agriculture and Environment Forum (NAEF), Kathmandu, Nepal.*
- D. C. Reicosky**, *United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Morris, Minnesota, Estados Unidos de América.*
- M. F. S. Ribeiro**, *Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil.*
- W. R. Ritchie**, *Centre for International No-Tillage Research and Engineering (CINTRE), Feilding, Nueva Zelandia.*
- K. E. Saxton**, *United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Pullman, Washington, Estados Unidos de América (retirado).*

Prólogo a la segunda edición

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación históricamente ha apoyado el desarrollo y la extensión de los sistemas agrícolas de la agricultura de conservación. La siembra con labranza cero es una de las operaciones fundamentales de la agricultura de conservación y, junto con los principios de los cultivos de cobertura y la rotación de cultivos, es su principal constituyente. La disponibilidad de tecnología y equipos adecuados es una precondition necesaria para que la agricultura de conservación funcione adecuadamente. Son necesarios equipos adecuados no solo para la siembra directa y la siembra de precisión, sino también para el manejo de los residuos de los cultivos y los cultivos de cobertura.

La edición anterior titulada *No-tillage Seeding: Science and Practice*, por Baker, Saxton y Ritchie fue, en el momento de su entrega al público, una de las publicaciones más completas que cubría los aspectos de la ingeniería de la no labranza así como también los antecedentes agrónomicos y ambientales para la agricultura sin labranza. Ha sido una valiosa publicación de referencia para investigadores y estudiantes y también una guía para los técnicos de campo. Se conoce el caso de un agricultor que después de haber leído el libro adquirió una sembradora para labranza cero y convirtió toda su finca a este sistema.

Este nuevo libro, *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación* proporciona un enfoque más amplio del equipo usado en los sistemas agrícolas de la agricultura de conservación. Incluye capítulos sobre elementos que anteriormente no habían sido considerados como, por ejemplo, el manejo de los residuos de los cultivos y los cultivos de cobertura, la preparación para las operaciones de siembra bajo labranza cero y las actividades agrícolas, con el tráfico controlado como una tecnología complementaria. También se presentan nuevos capítulos que describen las tecnologías de siembra sin labranza para los pequeños agricultores. Se describen los desarrollos tecnológicos de América del Sur y del sur de Asia, que incluyen equipos manuales, equipos para animales de tiro y equipos para tracción mecánica. En un capítulo de secuestro de carbono en los sistemas de labranza cero se discute el tema de los gases de invernadero como causante principal del cambio climático.

Deseamos que este libro contribuya a una mejor comprensión de los componentes de ingeniería en la agricultura de conservación. También es nuestro deseo que contribuya a la introducción y expansión de esta tecnología. La agricultura de conservación es un enfoque valioso

para la agricultura que puede conducir a sistemas agrícolas más productivos, competitivos y sostenibles con beneficios directos para el ambiente y para los agricultores y sus familias.

Shivaji Pandey

Director

Theodor Friedrich

Oficial Superior

Dirección de Producción y Protección Vegetal

FAO

Roma, diciembre 2008

Prólogo

...y él dio su opinión que quien pudiera producir dos espigas de trigo o dos hojas de pasto en el lugar en que antes crecía solo una debería recibir el reconocimiento de la humanidad, haciendo un servicio esencial a su país más que todos los políticos juntos...

Jonathan Swift, *Viajes de Gulliver* (1726)
«A Voyage to Brobdingnag»

Los autores de este libro describen y analizan las tecnologías de labranza cero, especialmente aquellas relacionadas con la siembra con labranza cero en base a experiencias acumuladas en los últimos 40 años. Los autores quisieron descubrir por qué la labranza cero no siempre funcionó y cómo vencer esos obstáculos. Cuanto más aprendimos, más atractiva fue la labranza cero; ahora se han adquirido y probado los conocimientos y la base científica en tal grado que tenemos más confianza en que la agricultura de conservación representa el futuro de la agricultura.

Algunas de las investigaciones presentadas se iniciaron en conocimientos de las tecnologías tradicionales de las sembradoras o abresurcos disponibles usados para la siembra con labranza que fueron un fracaso en las tierras sin labranza o en los suelos cubiertos de residuos. Inevitablemente, esto dio como resultado nuevos diseños de máquinas y evaluaciones y tecnologías asociadas combinadas. La premisa fundamental fue que cada parte funcional de cualquier diseño nuevo debía tener una razón científica y un comportamiento verificables; lo cual, por lo general, fue el resultado de un largo proceso evolutivo.

No se hicieron suposiciones funcionales. Todas las ideas comunes acerca de los requerimientos de las semillas fueron confrontadas o descartadas y se hicieron nuevos experimentos para determinar sus requerimientos específicos en suelos no labrados. Estos nuevos conocimientos fueron combinados con otros conocimientos existentes que demostraron ser aún aplicables. En otros casos las reglas para los suelos labrados simplemente no se aplicaron o demostraron ser erróneas cuando se aplicaron a suelos no labrados. Se encontró que los suelos sin disturbar presentan distintos recursos y desafíos que los suelos labrados, por lo que requieren diferentes enfoques para sembrar las semillas.

Otros autores informan acerca del proceso en el suelo cuando cesa la labranza. Actualmente, ahora se sabe que la labranza cero beneficia al suelo y que la labranza lo deteriora pero

¿cuáles son los mecanismos que los causan y cómo pueden ser cuantificados los mejoramientos o los daños? ¿pueden las ganancias ser aún mejoradas por medio de técnicas tales como el control del tráfico en la agricultura? Otros autores estudiaron los equipos disponibles y los métodos de manejo que relacionan esos sistemas de labranza cero y sus aplicaciones en mayor o menor extensión. Solamente cuando se comprenda la capacidad de los equipos modernos de labranza cero y esta sea totalmente integrada en la producción agrícola, cuantificada adecuadamente y de forma realista, se podrán hacer recomendaciones a nivel local.

Los autores, en su conjunto, han proporcionado una revisión completa de los elementos que contribuyen al funcionamiento del sistema de labranza cero. Estos elementos incluyen el diseño de maquinaria y sus principios operativos, las interacciones de las máquinas con el suelo, la importancia de insumos paralelos como herbicidas, pesticidas y tráfico controlado y el manejo del sistema como un todo, lo que incluye la cuantificación de la importancia del carbono del suelo y el rastreo de las emisiones de bióxido de carbono como una función del disturbio del suelo. También proporcionan una guía sobre procedimientos experimentales para la evaluación de las variables.

Este libro no pretende ser un programa de acción sobre cómo diseñar cualquier tipo de máquinas, componentes o sistemas para labranza cero. Es un registro de comportamientos comparativos de varias opciones de diseños de máquinas y prácticas de manejo diferentes, probadas bajo condiciones científicas y cómo éstas han llegado a integrarse en un sistema completo de labranza cero. Gran parte de la información está relacionada con el comportamiento biológico de las máquinas y los suelos, dado que ambos cumplen primariamente funciones biológicas, pero el comportamiento mecánico no es ignorado ya que la interfase entre ambos es particularmente importante.

El lector es invitado a evaluar la pertinencia de los datos presentados. Algunos autores remarcan la importancia de los datos que llevaron al diseño de la versión del abresurcos de discos o abresurco de ala, llamado *Cross Slot*®. Otros apreciarán diferentes elementos en los datos. Sin embargo, la investigación independiente y la experiencia de campo han mostrado en forma sostenida que los datos y las conclusiones extraídas de los mismos han sido sumamente seguros y en cierto modo proféticos.

La importancia del libro radica en la indicación de que ahora hay formas y medios para que la labranza cero sea más segura o menos propensa a los fracasos que la labranza convencional y que es posible obtener rendimientos no solo iguales a aquellos obtenidos con la labranza sino que en muchos casos pueden ser superiores. Los suelos sin labrar contienen un mayor potencial que los suelos labrados para la germinación de las semillas y para que se establezcan y crezcan las plantas. Además, por supuesto, son mucho más amigables con el ambiente. El problema para la humanidad ha sido aprender y comprender cómo aprovechar ese potencial. Esperamos que este libro contribuya a satisfacer este objetivo.

El libro amplía la primera edición titulada *No-Tillage Seeding: Science and Practice* (Baker, Saxton y Ritchie, ISBN 0 85199 103 3, publicado por primera vez por CAB International en 1996 y reimpresso en 2002).